

(1)

(C) WPI / Thomson

AN - 2003-624088 [59]  
AP - KR20010068494 20011105  
CPY - DOOS-N  
DC - M23  
- P55  
DW - 200359  
IC - B23K9/04  
IN - EOM G W; LEE S H  
LNKA- 2003-170538  
MC - M23-D06  
PA - (DOOS-N) DOOSAN HEAVY IND & CONSTR CO LTD  
PN - KR20030037459 ✓ A 20030514 DW200359  
PR - KR20010068494 20011105  
XIC - B23K-009/04  
AB - NOVELTY :

Repairing defects of ferritic ductile iron material is provided which not only enables repairing to be done without formation of heat affected zone at all, but also maintains good close adhesion to the base metal part by repairing micro-defects of the ferritic ductile iron material using electro-spark deposition.

- DETAILED DESCRIPTION :

In repairing defective parts of ferritic ductile iron material, the method is characterized in that defects of the ferritic ductile iron material are repaired using electro-spark deposition method in which a welding rod is low input overlay welded onto the defective parts through electrical spark of high temperature periodically generated by micro-pulse, wherein the welding rod is formed of an inconel 718 material, and wherein the welding rod is low input overlay welded onto the defective parts through electrical spark of high temperature periodically generated by the micro-pulse so that a heat affected zone is not formed at all at base metal part (300) and overlay part (100), the base metal part (300) and overlay part (100) are capable of maintaining the same material hardness, and a boundary layer (200) is formed between the base metal part (300) and overlay part (100) to form close adhesion therebetween.

ICAI- B23K9/04  
ICCI- B23K9/04  
INW - EOM G W; LEE S H  
IW - REPAIR DEFECT FERRITE DUCTILE IRON MATERIAL  
IWW - REPAIR DEFECT FERRITE DUCTILE IRON MATERIAL  
NC - 1  
NPN - 1  
OPD - 2001-11-05  
PAW - (DOOS-N) DOOSAN HEAVY IND & CONSTR CO LTD  
PD - 2003-05-14  
TI - Repairing defects of ferritic ductile iron material

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl. 7  
B23K 9/04

(11) 공개번호 특2003- 0037459  
(43) 공개일자 2003년05월14일

(21) 출원번호 10- 2001- 0068494  
(22) 출원일자 2001년11월05일

(71) 출원인 두산중공업 주식회사  
경남 창원시 귀곡동 555번지

(72) 발명자 이선호  
경상남도마산시회원구석전동241- 11  
엄기원  
경상남도창원시상남동토월055성원APT 108동402호

(74) 대리인 김학제  
문혜정

심사청구 : 없음

(54) 구상흑연 주철 재료의 결함 보수 방법

요약

본 발명은 구상흑연 주철 재료의 결함 보수 방법에 관한 것으로, 특히 구상흑연 주철재의 결함 부위를 보수함에 있어, 마이크로 펄스에 의해 주기적으로 발생하는 고온의 전기적 스파크를 통해 용접봉을 결함 부위에 저압력 육성시키는 일렉트로- 스파크 증착 방식을 이용하여 보수함을 특징으로 하며, 이러한 본 발명은 열영향부 형성이 전혀 없이 보수 작업을 할 수 있으며, 육성층 및 경도 저하 없이 모재부와 양호한 밀착력을 유지하고, 이로 인해 기존의 브레이징이나 TIG 용접으로는 불가능한(ASTMA395) 구상흑연 주철재의 미세결함 보수에 뛰어난 효과가 있으며, 또한 가스터빈 케이싱에 가공 및 주조 결함이 발생하면 폐기처분이나 신규 제작을 하지 않고 보수 함으로써 신규 제작시 처리 비용 이 크게 절감될 수 있어 경제적으로 뛰어난 효과가 있다.

대표도

도 2

색인어

구상흑연 주철재(Ferritic Ductile Iron), 일렉트로- 스파크 증착 방식(Electro- spark deposition), 마이크로 펄스(Micro- Pulse) 미세결함 보수(Micor- defect repair)

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 종래 일반 용접 방식으로 구상흑연 주철재의 미세결함을 육성한 모습을 나타낸 단면도,

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 일렉트로- 스파크 증착 방식을 이용하여 구상흑연 주철재의 미세결함을 보수한

모습을 나타낸 단면도,

도 3은 본 발명에 적용된 일렉트로-스파크 증착 장치의 모습을 나타낸 사시도,

도 4는 도 3에 따른 일렉트로-스파크 장치를 통해 일렉트로-스파크 증착 방식으로 구상흑연 주철재의 미세결합 부위를 육성하는 모습을 나타낸 도면,

도 5는 일렉트로-스파크 증착 방식 육성 전 시편의 모습을 나타낸 도면,

도 6은 일렉트로-스파크 증착 방식을 이용하여 육성한 인장 및 굽힘 시편의 모습을 나타낸 도면,

도 7은 도 3에 따른 일렉트로-스파크 증착 장치의 원리를 설명하기 위한 참조 도면,

도 8은 일렉트로-스파크 증착 방식의 육성부와 TIG 용접부의 비교 모습을 나타낸 단면도,

도 9는 일렉트로-스파크 증착 방식에 의한 육성과 TIG 용접의 경도 비교를 나타낸 그래프,

도 10은 AES(Auger Electron Spectroscopy)를 통한 계면 분석도이다.

< 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 >

100 : 육성부 200 : 경계부

300 : 모재부

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 구상흑연 주철 재료의 결합 보수 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 마이크로 펄스(Micro- Pulse)에 의해 입열량은 작고 모재의 열영향은 거의 없이 육성 및 코팅이 이루어지는 일렉트로-스파크 증착(Electro- spark Deposition) 방식을 이용하여 주철의 미세결합 부위를 보수해 주는 구상흑연 주철 재료의 결합 보수 방법에 관한 것이다.

종래에는 가스터빈 케이싱의 가공시 주조 결함이 발생하면 그 가스터빈 케이싱을 폐기처분 후 신규 제작하거나, 브렌딩(Blending), 플러깅(Plugging) 및 패치 링(Patch ring) 등의 방법을 이용하여 결함 보수를 수행 하였지만, 이는 임시 대책밖에는 안되고 있어 효율적인 보수를 처리할 수 있는 구상흑연 주철 재료의 결함 보수 방법 개발의 시급성이 높아지고 있다.

이 때, 종래에는 구상흑연 주철재의 미세결합 부위를 보수 할 때 임시 방편으로 일반 용접 방식을 사용하였는데, 이는 도 1에 도시된 것처럼 용접부(10)의 용융선(20), 및 모재부(40) 사이에 열영향부(30)가 형성되어 불순물의 고용이나 석출이 용이하며, 용접부(10)의 팽창, 수축 및 상태 변화에 따라 잔류응력이 발생하기 쉬운 문제점이 있었다. 특히, 상기 구상흑연 주철재(Ferritic Ductile Iron)는 탄소의 함량이 3% 이상이므로 일반 용접(TIG 용접)의 경우 고온의 열영향부 형성으로 인해 재료의 압력이나 힘을 받으면 취약해지는 문제점이 있으며, 또한 상기 구상흑연 주철재의 경우 용융상태에서 급랭되면 백선화 되기 쉽고, 이로 인해 용접부와 모재부에 수축이 상이하게 되어 큰 잔류응력이 발생하여 경화된 백선에서는 균열이 쉽게 발생되는 문제점이 있었다.

또한, 상술한 용접 및 브레이징의 변수로는 주파수, 출력, 용접봉 속도의 강도와 세기를 결합의 크기와 형태별로 적용하여 가장 빠른 시간 내에 양질의 육성층을 형성해야 하고, 그 뿐만 아니라 용접 및 브레이징의 특성상 용착량이 많지 않으므로 보수 육성시 면이 불균일하게 형성되어 결함 발생의 소지가 있으며, 육성시 항상 피닝 작업을 통하여 면을 균일하게 유지한 후 육성 작업을 실시해야 하는 번거로운 문제점이 있었다. 상술한 종래 용접부에 형성되는 열영향부의 탄소는 오스테나이트(수축)로 확산되어 들어가며, 또한 오스테나이트(수축)는 냉각에 의해 매우 취약한 조직인 마르텐사이트(팽창)로 변태되는 문제점이 있었다.

종래 용접 및 브레이징(Brazing)의 또 다른 문제점으로는, 국부적인 열에 의해 모재부에 고온의 열영향부를 형성시킴으로 재료의 열화가 발생되기 때문에, 불량으로 판정된 제품에 대해서는 상기 용접 및 브레이징에 의한 보수가 거의 불가능하며, 세계 산업규격 'ASTM A395' 규정에도 상기 용접 및 브레이징에 의한 보수가 허용되지 않는 문제점이 있었다.

#### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위해 이루어진 것으로, 본 발명의 목적은 일렉트로-스파크 증착(Electro-spark deposition) 방식을 이용하여 구상흑연 주철재의 미세결합을 보수해 줌으로써 열영향부 형성이 전혀 없이 보수할 수 있도록 해줌과 동시에 모재부와 양호한 밀착력을 유지 시켜주는 구상흑연 주철 재료의 결합 보수 방법을 제공하는 데 있다.

본 발명 구상흑연 주철 재료의 결합 보수 방법은, 구상흑연 주철재의 결합 부위를 보수함에 있어, 마이크로 펄스에 의해 주기적으로 발생되는 고온의 전기적 스파크를 통해 용접봉을 결합 부위에 저입력 육성시키는 일렉트로-스파크 증착 방식을 이용하여 보수함을 특징으로 한다.

#### 발명의 구성 및 작용

이하, 본 발명의 일 실시예에 의한 구상흑연 주철 재료의 결합 보수 방법에 대하여, 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

도 3에 도시된 일렉트로-스파크 증착 장치(1)는 주파수, 전극봉 속도 및 출력을 제어하는 본체(1a), 본체(1a)에 연결된 전극봉(1b), 접지(1c), 용접봉(1d), 및 아르곤 가스(1e) 등으로 구성되어 있으며, 본 발명을 설명함에 있어 상술한 일렉트로-스파크 증착 장치(1)를 이용하여 설명하기로 한다.

이 때, 상기 용접봉(1d)은 인코넬(Inconel) 718, 구리 등과 같은 일반 용접봉 모두를 사용할 수 있다.

본 발명은 구상흑연 주철재의 미세결합을 보수하는데 있어, 상술한 바와 같은 일렉트로-스파크 증착 장치(1)를 이용하여 보수해 주는 것이며, 도 3에 도시된 장비만을 이용하는 것이 아니라 일렉트로-스파크 증착 방식을 사용하는 다른 장비들도 적용 가능하다.

그러면, 상술한 일렉트로-스파크 증착 장치를 이용한 본 발명 일렉트로-스파크 증착 방법에 대해 설명하기로 한다.

먼저, 운용자는 본체(1a)에 전극봉(1b), 접지(1c), 및 아르곤 가스(1e)를 순서대로 연결시킨 후 주파수, 전극봉 속도, 및 출력을 제어하는 본체(1a)의 전원을 온(ON) 시킨다.

그런후, 운용자는 도 4에 도시한 바와 같이 직접 손으로 용접봉(1d)을 전극봉(1b)에 결합시킨 후 본체(1a)와 연결된 접지(1c)를 상기 구상흑연 주철재의 끝 부분에 밀착 고정시킨다.

그러면, 운영자는 도 4, 도 5와 같은 시편(300)에 용접봉(1d)이 결합된 전극봉(1b)을 사용하여 결합 보수를 시작한다. 도 5에 도시된 시편(300)은, 직사각형 모양의 직경 9mm x 4mm의 홈을 내어 제작한 것이다.

따라서, 운영자가 용접봉(1d)이 결합된 전극봉(1b)을 상기 구상흑연 주철재의 결합 부위에 접촉시키면 주기적으로 발생되는 전기적 스파크로 인해 접촉면 부위에 불꽃이 형성되고, 이 때 도 7에 도시된 것처럼 전극봉(1b)에서 분사된 아르곤 가스(1e)는 외부 공기를 차단시켜 상기 구상흑연 주철재의 미세결합 부분을 육성한다.

그런후, 운영자는 도 6에 도시된 것처럼 상기 구상흑연 주철재의 미세결합을 육성한 부분에 표면 밀링을 실시하여 거의 표시가 나지 않게 마무리를 한다.

또한, 도 2는 상기 일렉트로-스파크 증착 방식을 이용하여 상기 구상흑연 주철재의 미세결합을 육성한 도면으로서, 상기 마이크로 펄스에 의해 주기적으로 발생되는 고온의 전기적 스파크를 통해 용접봉(1d)을 결합 부위에 저입력으로 육성시켜 모재부(300)와 육성부(100)에 열영향부 형성이 전혀 없고, 또한 모재부(300)는 물론 육성부(100)도 같은 원 소재의 경도를 유지할 수 있으며, 모재부(300)와 육성부(100)가 결합한 새로운 경계층(200)을 형성하여 밀착력이 생기게 된다.

이 때, 상술한 도 7은 상기 일렉트로-스파크 증착 장치의 원리를 나타낸 도면으로서, 마이크로 펄스에 의해 주기적으로 발생하는 고온의 전기적 스파크는 일반적으로 제품이 마이너스(-)극, 플러스(+)극에 결선되어 방전 회로를 만들며, 직류전원(I)으로부터 저항(R)을 지난 전하가 콘덴서(C)에 충전 된다. 따라서, 콘덴서(C)에 충전된 전하를 방전시켜 주기적으로 발생하는 고온의 전기적 스파크를 모재부(300)에 육성되는 것이다.

도 3은 본체(1a)와 연결된 전극봉(1b)과 아르곤 가스(1e)의 원리를 나타낸 도면으로서, 아르곤 가스(1e)는 주입구를 통해 전극봉(1b)까지 유입하게 되며, 그로 인해 주입구를 통해 유입된 아르곤 가스(1e)는 전극봉(1b)과 상기 구상흑연 주철재의 미세결합 부분에 맞닿을 때, 전극봉(1b)을 통해 유선형으로 분사되어 공기를 차단시킨다.

또한, 도 6은 상기 일렉트로-스파크 증착 방식을 이용하여 육성한 인장 및 굽힘 시편의 모습을 나타낸 도면으로서, 상기 구상흑연 주철재의 미세결합을 육성한 부분에 표면 밀링을 하여 거의 표시가 나질 않는다.

그 뿐만 아니라, 도 8은 상기 일렉트로-스파크 증착 방식의 육성부와 TIG 용접부의 비교 모습을 나타낸 단면도로서, 상기 구상흑연 주철재에 상기 일렉트로-스파크 증착 방식을 이용하여 인코넬 718 재료를 육성한 시편과 TIG 용접 시편의 광학 현미경(x100) 분석 비교한 사진이다. 이 때, 육성부의 인코넬 718 육성 경계부에서 보여지듯이 균열이나 작은 구성이 관찰되지 않아 모재와의 밀착력이 우수함을 알 수 있다. 따라서, TIG 용접 경계부에서는 열영향부가 형성되고, 육성부 경계면 주위에는 열영향부 형성이 전혀 없음을 알 수 있다.

한편, 도 9는 상기 일렉트로-스파크 증착 방식에 의한 육성과 TIG 용접의 경도 비교를 나타낸 그래프로서, 인코넬 718 동일 소재를 이용하여 육성과 용접을 실시한 결과, 상기 일렉트로-스파크 증착 방식에 의한 육성 시편은 400Hv에 상응하는 423Hv로 측정되었고, 반면 TIG 용접 시편은 50% 정도 밖에 안되는 237Hv로 측정되었다. 이 결과에서 예측할 수 있듯이 상기 일렉트로-스파크 증착 방식에 의한 보수 육성은 상기 마이크로 펄스에 의한 저입력으로 육성 함으로써 모재는 물론 육성부도 원 소재의 경도치를 유지할 수 있다.

그리고, 도 10은 AES(Auger Electron Spectroscopy)를 통한 계면 분석도로서, 육성부와 모재부 계면을 3000배로 관찰한 사진으로 윤곽 선을 이용하여 인코넬 718의 주성분인 니켈(Ni)과 크롬(Cr)의 계면 부위에 육성층이 공존하는 구역을 관찰할 수 있다. 그로 인해, 모재부와 육성층이 계면 부위에서 밀착력을 유지할 수 있다.

한편, 상술한 본 발명은 주철재 가스터빈 케이싱 외에 용접 보수가 어려운 단조용강의 결합 부위나 원자력 열교환기류 인코넬(Inconel) 690 용접부 결합 보수에도 적용 가능하다.

## 발명의 효과

상술한 바와 같이 본 발명에 의한 구상흑연 주철 재료의 결합 보수 방법에 의하면, 마이크로 펄스(Micro-Pulse)에 의해 주기적으로 발생하는 고온의 전기적 스파크에 저입력으로 육성 함으로써 열영향부 형성이 전혀 없이 보수 작업을 할 수 있으며, 육성층 및 경도 저하 없이 모재부와 양호한 밀착력을 유지하고, 이로 인해 구상흑연 주철재의 미세결합 보수에 뛰어난 효과가 있으며, 또한 가스터빈 케이싱 에 가공 및 주조 결합이 발생하면 폐기처분이나 신규 제작을 하지 않고 보수 함으로써 신규 제작시 처리 비용이 크게 절감될 수 있어 경제적으로 뛰어난 효과가 있다.

## (57) 청구의 범위

### 청구항 1.

구상흑연 주철재의 결합 부위를 보수함에 있어, 마이크로 펄스에 의해 주기적으로 발생하는 고온의 전기적 스파크를 통해 용접봉을 결합 부위에 저입력 육성시키는 일렉트로-스파크 증착 방식을 이용하여 보수함을 특징으로 하는 구상흑연 주철 재료의 결합 보수 방법.

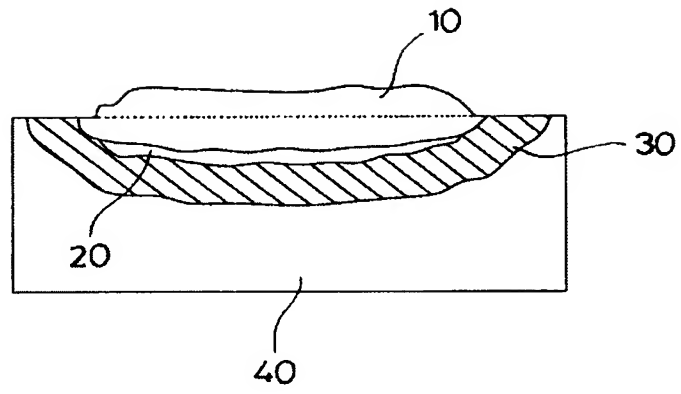
### 청구항 2.

제 1항에 있어서,

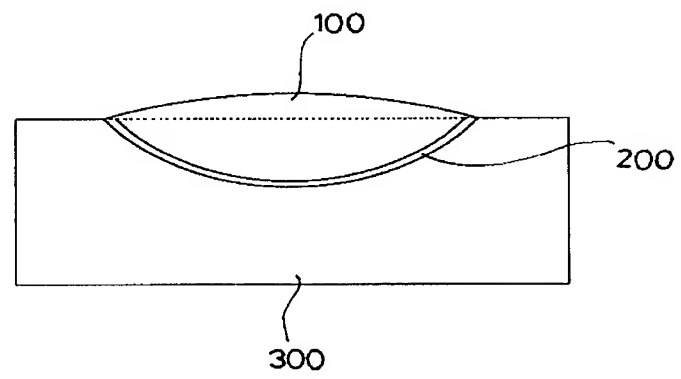
상기 용접봉은, 인코넬(Inconel) 718 재료를 사용하는 것을 특징으로 하는 구상흑연 주철 재료의 결합 보수 방법.

도면

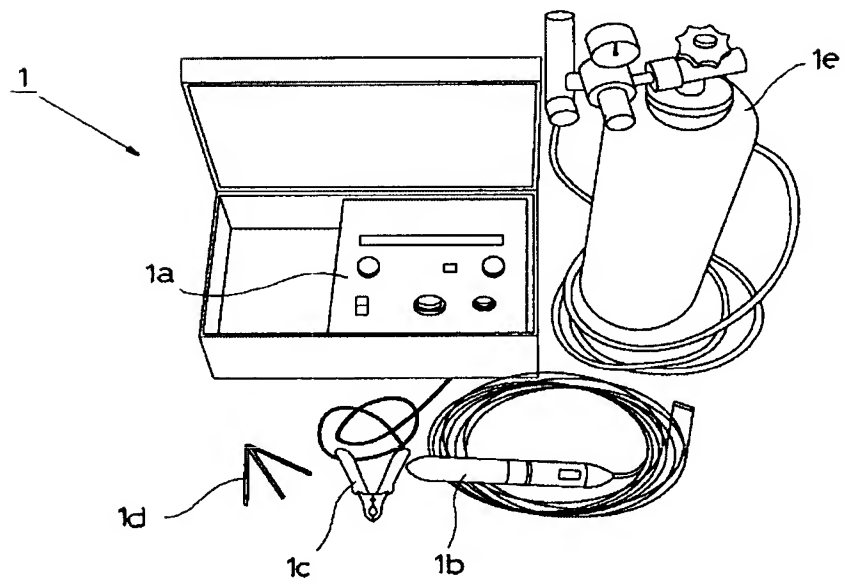
도면1



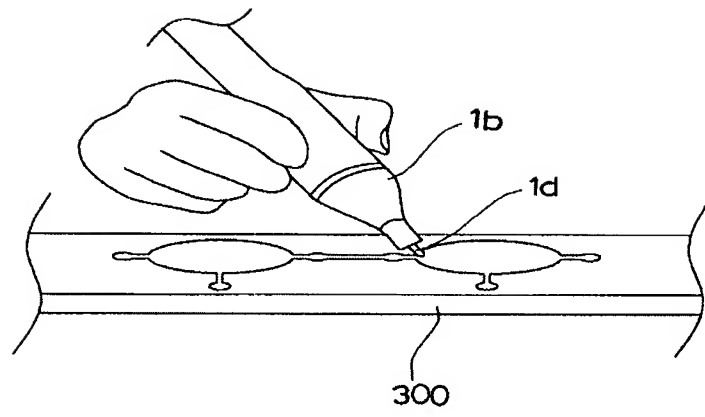
도면2



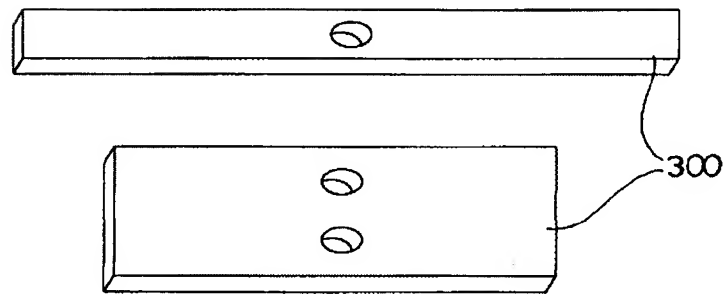
도면3



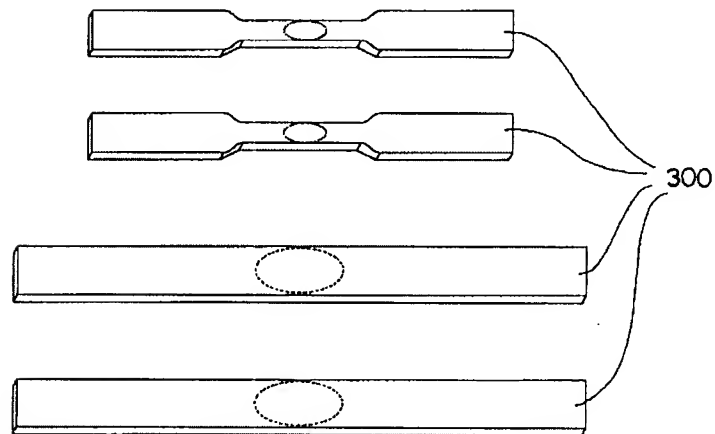
도면4



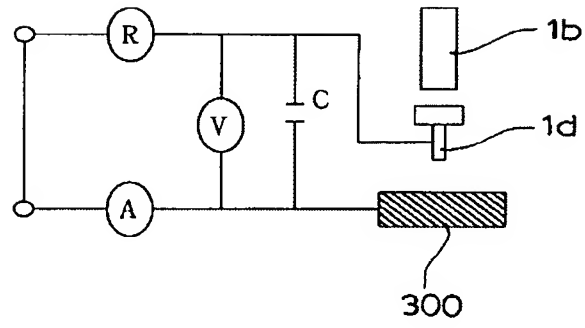
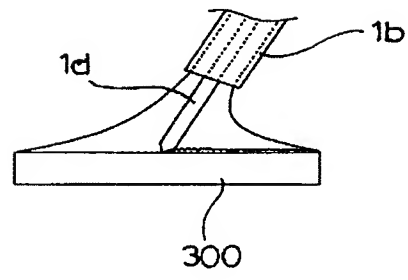
도면5



도면6



도면7





Inconel  
718 용접부  
(Electro-  
spark  
Deposition)

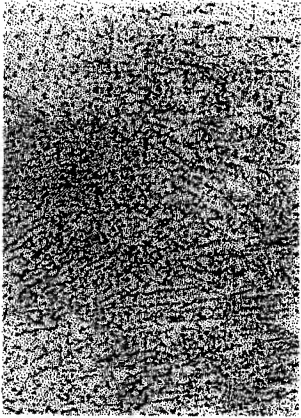


↓  
(경계부)



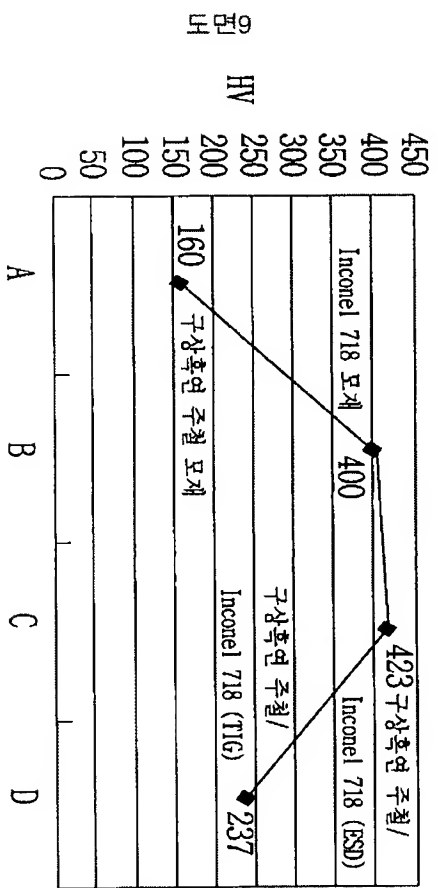
8면

TIG 용접부



↓  
(경계부)





HV  
kV

A B C D

도면10

